

# TEKNOFEST

## HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

### İNSANLIK YARARINA TEKNOLOJİ YARIŞMASI

#### PROJE DETAY RAPORU

**PROJE KATEGORİSİ:** Engelli Dostu

**PROJE ADI:** Yardımcı Dış İskelet Diz Mekanizmasının  
Tasarımı ve Kontrolü

**TAKIM ADI:** SAYUMU Exo

**Başvuru ID:** 69724

**TAKIM SEVİYESİ:** Üniversite-Mezun

## İçindekiler

### 1. Proje Özeti (Proje Tanımı)

Türkiye'deki engelli ve yaşlı bireylerin hareketlerini kolaylaştıracak dış iskeletlere erişimi sınırlıdır. Bu, Türkiye'deki engelli ve yaşlı bireylerin hayatını olumsuz etkilemektedir. Çalışmamızdaki amacımız; bu sorunlara sahip bireylerin, yardımcı olabilecek dış iskeletlere erişimini kolaylaştırmak ve günlük yaşamlarını rahatlatmak.

### 2. Problem/Sorun:

Türkiye marketinde mevcut dış iskelet mekanizmaları yüksek çoğunlukla belirli uzvu alınmış bireyler için satılmaktadır. Yardımcı dış iskelet mekanizmalarının sayılarının az olmasının yanı sıra 75.000 USD gibi yüksek fiyatlara sahip olması, bu ürünlere ihtiyaç duyan yaşlı ve/veya ortopedik engelli bireylerin bu ürünlere erişememesi sorununu ortaya çıkarmaktadır. Mevcut market ürünlerine rakip olacak bir dış iskelet mekanizması ile fiyatlarının düşürülmesi ve seri üretim ile bireylerin ürünlere ulaşımının kolaylaştırılması hedeflenmektedir.

### 3. Çözüm

Projemize ele alınan sorunun yaşlı ve/veya ortopedik engelli bireylerin yardımcı dış iskelet ürünlerine ulaşamaması olduğu belirtilmişti. Üretilen ucuz, dayanıklı ve kararlı bir dış iskelet sistemi ile bu problemin çözümlenmesi hedeflenmektedir. Ayrıca, kullanılacak sistemin kompakt olması günlük hayattaki kullanımı kolaylaştıracaktır.

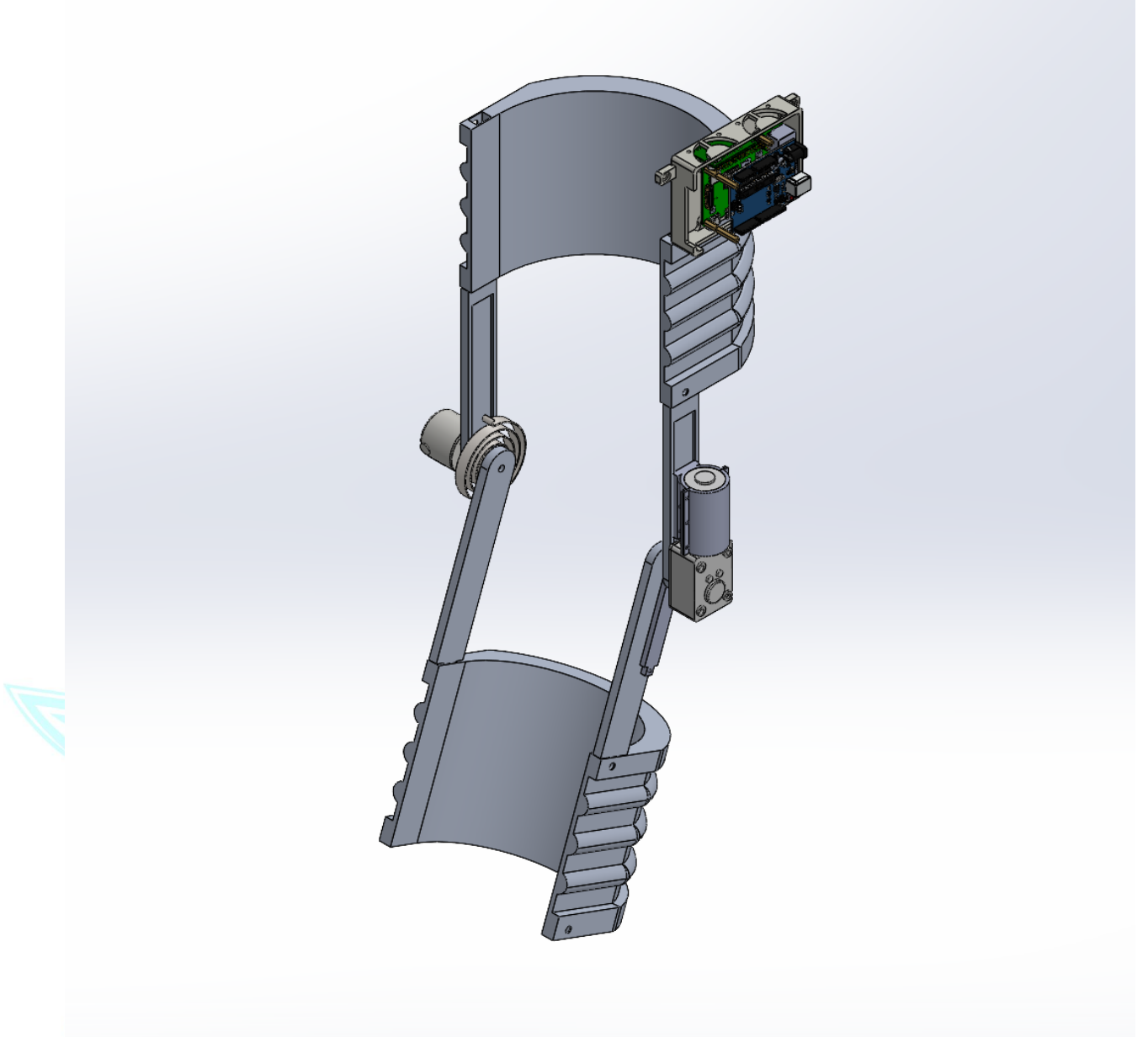
Üretim malzemesi olarak ABS, PLA, PETG tarzı 3D yazıcı ürünleri kullanılarak hafif, hızlı ve ucuz üretim sağlanacaktır. Dış iskeletin gövdesinde çıkan bir kusur ve/veya arıza durumunda yedek parça üretimi de hızlı olacaktır.

Kullanılacak olan yay sistemi, projede motorun üretmesi gereken dönme momentini azaltacak böylelikle daha kompakt ve daha verimli motorlar kullanılacaktır. Ayrıca, daha verimli bir motorun seçilmesi sistemin bataryalı kullanım ömrü arttıracaktır.

Dış iskelete bağlanacak ayarlanabilir kemerler ile bir gövde ölçüsü üzerinden birçok farklı bireyin kullanabileceği bir ürün üretilmesi hedeflenmektedir.

Bacağa takılacak bir EMG alıcısı yerine, ayak tabanında, ayakkabıya takılacak olan kuvvet alıcıları ile sistemin yoğunlaştırılması sağlanmış olacak ve gündelik kullanımı rahatlatılmış olacaktır. Şekil 3.2'de görüldüğü üzere kuvvet alıcısının mevcut gerçekleştirilmesi görülmektedir.

Şekil 3.1'in en üstünde gözüken elektronik kutusu normal şartlar altında pantolon kemeri veya pantolon beline takılacak olup elektronik devre kartlarını tek bir yere toplayarak sistemi daha kompakt hale getirecektir. Kutu içeriği ise; Mikro kontrolcü Raspberry Pi 4, ADC olarak Arduino Uno, Motor sürücü MC33926.



Şekil 3.1 Dış İskelet Gövdesi ve Elektronik Kutu



Şekil 3.2 Kuvvet alıcısının uygulaması

## 4. Yöntem

### Teknik Olmayan Gereksinimler

Teknik olmayan gereksinimleri 3 ana başlık altında toplamak istiyoruz:

1. Güvenlik:
  - Güvenilir olmalı
  - Sağlam olmalı
  - Vücudun diğer fonksiyonlarını rahatsız etmemeli
2. Fonksiyon:
  - Hassas olmalı
  - Bacağın hızına uyum sağlayabilmeli
  - İki bacak için de uyumlu olmalı
3. Rekabet:
  - Dayanıklı olmalı
  - Yenilikçi olmalı
  - Uygun fiyatlı olmalı
  - Kullanımı kolay olmalı
  - Hafif olmalı

### Teknik Gereksinimler

Teknik Gereksinimler	Açıklama
80 kilograma kadar olan kullanıcılar tarafından kullanılmalıdır.	Ortopedik engele sahip olan insanların % 80kg.
Basınç alıcısı 450KPa'a kadar olan basınç değerlerini ölçebilmelidir.	3cm×10cm ön ayak alanına (maksimum basınç hesabı için) sahip 80 kg. Bir insan 266KPa'a kadar basınç uygulayabilir. Tolerans 69%
120° açı menzili [2]	İnsan dizinin açılıp kapanma açıları.
Projenin ağırlığı 1kg'dan küçük olmalıdır.	Buna benzer projelerin çoğu 1kg geliyor.
En yüksek hız 35mm/s olmalıdır.	Normal bir insanın dizini z Çekme ve itme hızı 25mm/s'dir[3]. Tolerans 40%
Destekleme Oranı: 50%	Sadece dizi kapladığımızdan ötürü 100% desteklemek zor ve masraflı.

### Eyleyiciler

Bu diz dış iskeletinde gerekli tork ve eklem hızı çok önemlidir. Hem tork hem de hız için doğru değerleri belirlemek için ilk adım olarak temel 3B mekanizma modeli yapılmış ve SolidWorks'te malzeme seçimi uygulanmıştır. Modelleme yapıldıktan sonra Solidworks modelinin matematiksel değerleri MATLAB'a aktarılacaktır. Antropometrik değerlerimize uygun olarak farklı simülasyonlaryapılmış ve gerekli değerler elde



edilecektir. Simülasyon sonuçlarından alınan verilere göre gerekli tork değerleri belirlenecektir. Pazar araştırması yapıp, bütçemiz ve tork değeri göz önünde bulundurularak, hız, fiyat, boyut, ağırlık, kullanım kolaylığı gibi sebepler ile motorun modeli seçilecektir. Şu ana kadar yapılan testler sonucunda 5840-31ZY olarak seçilmiştir.

### Alıcı

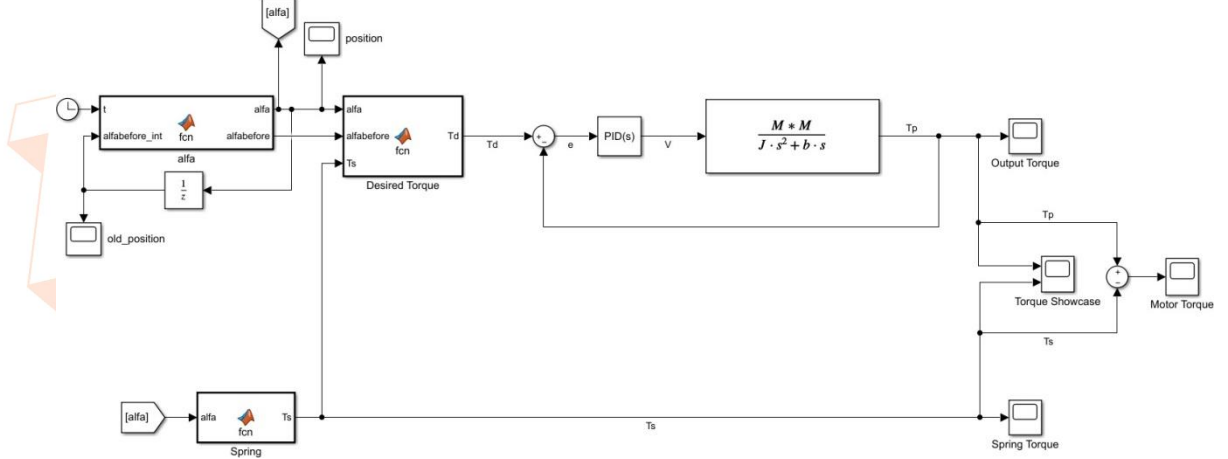
Bu projede, alınacak sinyaller motor içindeki açılış ve ayak altına yerleştirilecek kuvvet alıcısından alınacaktır. Motorun sahip olduğu açılış 0.2 saniyelik ölçüm aralığı ile kullanılacaktır. Kuvvet alıcısı için ayak altındaki 3 farklı nokta kullanılacaktır. Kuvvet alıcıları üzerlerine gelen kuvvete bağlı olarak dirençlerini arttıracak veya azaltacaktır. Vereceği sinyal ise sürekli bir sinyal olacaktır.

### Mikroişlemci

Mikroişlemciye gelince, test ve deneme sürümü için kişisel bilgisayarlar kullanıldı. Her şey halledildikten ve kesinleştikten sonra Raspberry Pi 3'ü kullanmayı planlıyoruz. Üzerinde Dört Çekirdekli Kol Cortex-A53 CPU, 1GB LPDDR2 (900 MHz) RAM, Bluetooth 4.1 ve microSD depolama portu var. Raspberry Pi 4 versiyonu ile gidebilirdik ama fiyatının daha yüksek olması ve Raspberry Pi 3'ün projemiz için oldukça yeterli olması, Raspberry Pi 3'ü tercih etmemizi sağladı.

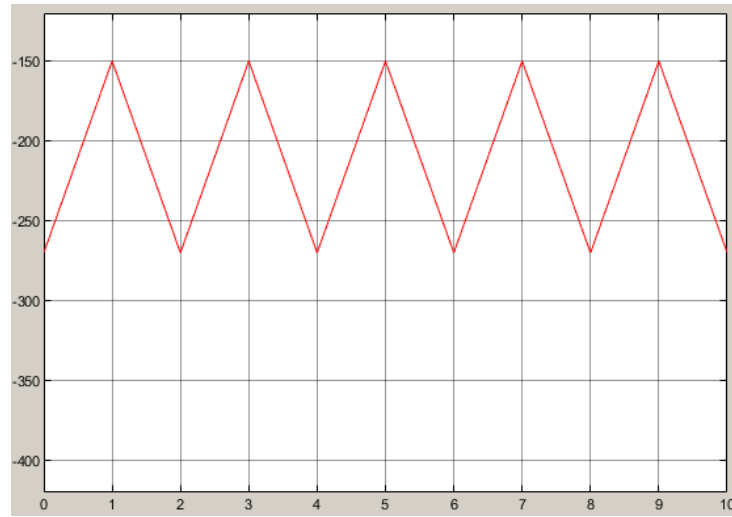
### Kontrolcü Çıkışı

Şekil 4.1'te kontrolcünün Simulink blok diyagramı görülmektedir. En solda gözüken alfa fonksiyonu konum bilgisini Tork Regülatörüne iletmektedir. En sol altta ise Yay fonksiyonu görülmekte. Bu fonksiyon ise bacağın konumuna göre yayın ürettiği torku Tork Regülatörüne iletmektedir. Tork regülatörü, bacağın konumuna göre gerekli torku hesaplamaktadır. Gerekli tork PID kontrolcüsüne girdi olarak gelmektedir. PID bloğunun yanında sistemin transfer fonksiyonu görülmektedir.



Şekil 4.1 Simulink Kontrolcü Blok Fonksiyonu

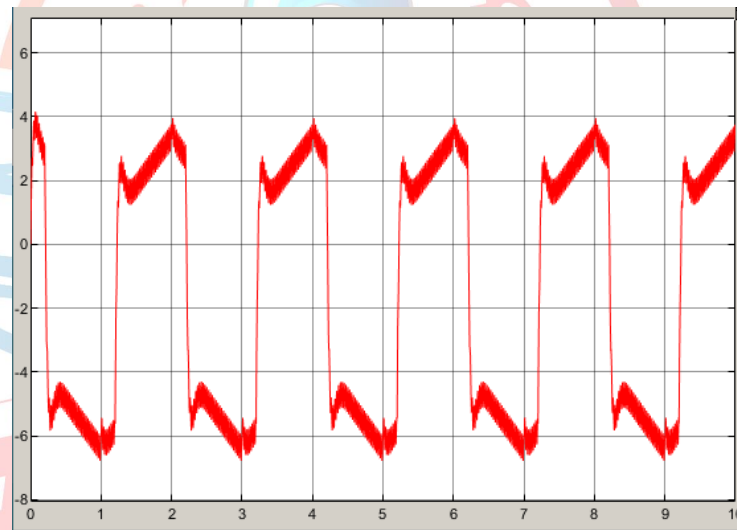
1 saniye açma, 1 saniye kapama olmak üzere 2 saniyelik yürüyüş periyodu için motor konumu Şekil 4.2'de görülebilir.



Şekil 4.2 Motor Pozisyonu

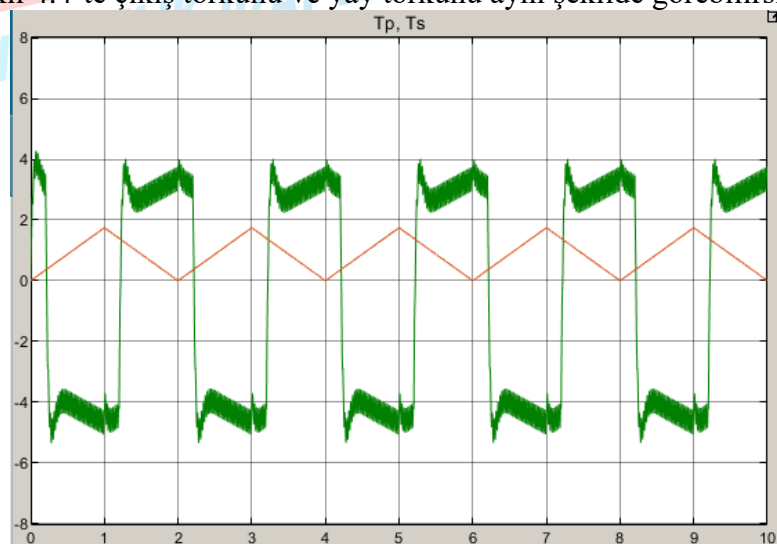
Konum ve yön bilgilerinden gerekli hesaplamalar yapıldıktan sonra kontrolcü motora istenilen torku iletir.

Şekil 4.3'te motor tarafından üretilen torku görebilirsiniz:



Şekil 4.3 Motor Torku

Şekil 4.4'te çıkış torkunu ve yay torkunu aynı şekilde görebilirsiniz:



Şekil 4.4 Çıkış ve Yay Torku

## 5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü

Hareket sisteminde motor ile birlikte yay sistemi kullanılmıştır. Kullanılan yay sistemi, zemberek yayın dış iskelet gövdesinin farklı kısımlarına tutunması ile çalışmaktadır. Böylelikle gerekli olan dönme momenti miktarı azaltılmış daha verimli ve daha kompakt motorlar seçilmiştir. Bu sayede, bataryaya bağlı olan kullanım ömrü artmıştır.

EMG sinyal sistemi yerine ayakkabı tabanına yerleştirilecek kuvvet alıcıları kullanılacaktır. Kuvvet alıcıları sistemin günlük kullanımı kolaylaştıracaktır. Kuvvet alıcıları ile kullanıcının niyet takibi daha rahat yapılacak ve daha kararlı bir sistem oluşturulacaktır.

## 6. Uygulanabilirlik

Ürünümüz piyasadaki ürünlerden daha ucuz ve kompakt olduğundan rekabetçi olacaktır. Düşük enerji kullanımı da keza rekabetçi olmasındaki nedenlerden biridir. Ayrıca kullanım gereğine (Diz problemliyse diz iskeleti, kol problemliyse kol iskeleti...) göre vücudun belli bölgelerine giyilecek olan iskeletler rahatça birleştirilebilir olacak.

Rekabet ettiğimiz firmaların zararına da olsa fiyat düşürmesi bizim için büyük bir risk. Ar-Ge aşamasında gerekli olan desteği alamamak da bir diğer risk.

## 7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması

	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran
Literatür Taraması	X								
Mekanik Modelleme		X							
Elektronik Sistemin Tasarımı		X	X						
Kontrolcünün Tasarımı			X	X					
Simülasyon				X	X				
Prototip Hesaplamaları						X			
Parçaların Üretimi						X	X		
Montaj							X		
PCB							X	X	

Sorunların Tanımı								X	X
Raporlanması									X

Tablo 7.1 Zaman Çizelgesi

Projemiz gereksinimleri sağlayacak şekilde en az maliyetle yapılmıştır. Aşağıdaki tablo 7.2’de seçilen parçaları görebilirsiniz. Tablo 7.1’de görüldüğü üzere tüm harcamalar Mart ve Nisan aylarında gerçekleşmiştir.

Ürün	Açıklama	Birim Fiyat	Tane	Toplam Tutar
5840-31ZY	Motor	450 ₺	1	450 ₺
Keyeye Studio FlexiForce	Kuvvet Sensörü	75 ₺	4	300 ₺
OVw6-06-2HC	Enkoder	165 ₺	1	165 ₺
Springs	Yay	35 ₺	2	70 ₺
Raspberry Pi 4	Kontrolcü	550 ₺	1	550 ₺
Arduino Uno	DAC	50 ₺	1	50 ₺
MC33926	ESC	200 ₺	1	200 ₺
Li-Po Battery	Bateri	1000 ₺	1	1000 ₺
Pet-C	İskelet	1500 ₺	7	1500 ₺
Diğer	Çeşitli harcamalar	500 ₺	-	500 ₺
<b>Toplam</b>				<b>4785 ₺</b>

Tablo 7.2 Bütçe Planlaması

## 8. Proje Fikrinin Hedef Kitle (Kullanıcılar):

Hedef kitlemiz yürüyüş ve günlük yaşam hareketlerini gerçekleştiremeyen ortopedik engelli ve/veya yaşlı bireyler. 2010 TÜİK verisine [5] göre Türkiye’deki engelli bireylerin %8,8’i ortopedik engelli. Türkiye’de yaklaşık 1.5 milyon engelli insan yaşamaktadır. Bu sayının %8,8’i 125.000’e tekabül etmektedir. Yine 2017 TÜİK verisine göre en az 7 milyon kişi 65 yaşının üstündedir. Dolayısıyla Türkiye nüfusunun yaklaşık %9’u hedef kitemizdir.

## 9. Riskler

Zaman planlamasında iş paketleri, iş tanımları ve süreçleri ayrıntılı bir şekilde açıklanmalıdır.

No	Risk Açıklaması	Olasılık	Etki				Skor (1-5)	Tepki
			Kapsam	Kalite	Zamanlama	Bütçe		
1	Covid-19 kapanmaları	ÇOK	DÜŞÜK	ORTA	YÜKSEK	DÜŞÜK	4	Yapılabilecek başka iş paketlerini yapmak.
2	Döviz Kurunda Artış	ÇOK	ORTA	ORTA	DÜŞÜK	DÜŞÜK	4	Yeni sponsorlar aramak.



3	Bilgi Eksikliği	ORTA	DÜŞÜK	ORTA	ORTA	ORTA	4	Boş zamanlarımızda araştırma yapmak.
4	Bir Araya Gelememek	ORTA	DÜŞÜK	ORTA	ORTA	ORTA	3	Bir araya gelme gereksinimi duymayan iş paketlerini yapmak.
5	Tedarikte Gecikme	ORTA	DÜŞÜK	DÜŞÜK	ORTA	DÜŞÜK	2	Fiziksel olarak tedarik etmek.
6	Teknik Aksaklıklar	DÜŞÜK	DÜŞÜK	DÜŞÜK	ORTA	YÜKSEK	4	Tamir etmeye çalışacağız olmazsa iade edeceğiz.
7	Sağlık Problemleri	DÜŞÜK	DÜŞÜK	ORTA	YÜKSEK	DÜŞÜK	4	Zaman planlamasında bu tarz riskler için tolerans ekledik.
8	Yetersiz Bütçe	DÜŞÜK	ORTA	ORTA	ORTA	DÜŞÜK	4	Bütçe planlamasında bu tarz riskler için tolerans ekledik.

### Tahmin Edilebilir Riskler için Alınan Önlemler

- Bütçe ve zaman planlamasında tolerans verdik.
- Sömestr tatilinde de projemiz üzerinde çalıştık.
- Fiziksel birleşim gerektiren iş paketlerini kapanma yokken yapmaya çalıştık.
- Alternatif bir tedarikçi belirledik.
- Projemizi başarıyla sonlandırmak için boş zamanlarımızda gerekli araştırmalar yaptık.
- Bütçe aşımı olmasına karşın yeni sponsorlar aranmasına karar verdik.

### 10. Kaynaklar

1. PMI. 2017. A Guide to the Project Management Body of Knowledge – Sixth Edition.
2. NASA (2020). Human Performance Capabilities. Retrieved from <https://msis.jsc.nasa.gov/sections/section04.htm>
3. OGR34 (2015). Knee Speed/ Velocity Split for damper. Retrieved from <https://www.eng-tips.com/viewthread.cfm?qid=386103>
4. Cynthia Snyder Dionisio. A Companion to the PMBOK Guide – A Project Manager’s Book of Forms – Third Edition.
5. TÜİK (2010). Engellilerin Sorun ve Beklentilerinin Araştırması